

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

Pimm - Procédés et ingénierie en mécanique et matériaux

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Arts et Métiers Sciences et Technologies - École nationale supérieure d'arts et métiers - Ensam

Centre national de la recherche scientifique – CNRS

Conservatoire national des arts et métiers - Cnam

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D



Au nom du comité d'experts :

Anthony Gravouil, président du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Président : M. Anthony Gravouil, Insa Lyon

Experts : Mme Shabnam Arbab Chirani, ENIB (représentante du CoNRS)
Mme Sylvie Castagnet, ISAE-ENSMA Chasseneuil
M. David Gloaguen, université de Nantes (représentant du CNU)
M. Jack Legrand, professeur émérite, université de Nantes
M. John Lopez, CNRS Talence (personnel d'appui à la recherche)

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Frédéric Lebon

REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

Mme Eléonor Fontaine, Ensam
Mme Sandrine Guérin, Cnam
Mme Anne-Christine Hladky, CNRS
M. Ivan Iordanoff, Ensam
M. Stéphane Lefebvre, Cnam
M. Laurent Orgéas, CNRS
M. Tarek Raïssi, Cnam
M. Mickaël Rivette, Ensam

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux
- Acronyme : Pimm
- Label et numéro : UMR 8006
- Nombre d'équipes : 4 équipes
- Composition de l'équipe de direction : M. Nazih Mechbal (directeur) / M. Alain Guinault (directeur adjoint)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
 ST5 Sciences pour l'ingénieur
 ST2 Physique
 ST4 Chimie

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Les thématiques scientifiques du Pimm s'inscrivent dans la chaîne allant des procédés de mise en forme, dont les procédés laser et la mise en œuvre des polymères, jusqu'aux structures. Elles se structurent en quatre équipes de recherche qui ont chacune une cohérence scientifique et en quatre orientations scientifiques inter-équipes pour mener des activités stratégiques pluridisciplinaires.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

L'Unité de Recherche Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (Pimm) a été créée officiellement le 1^{er} janvier 2010 sur le site du campus de l'Ensam de Paris suite à l'évaluation Aeres de 2009. Elle rassemble depuis le 1^{er} janvier 2010 les forces et les compétences issues de trois laboratoires différents : le laboratoire d'Ingénierie des Matériaux de l'Ensam (LIM - UMR CNRS 8006) ; le Laboratoire de Mécanique des Systèmes et des Procédés de l'Ensam (LMSP – UMR CNRS 8106) ; le Laboratoire pour l'Application des Lasers de Puissance (LALP – UPR 1578). De 2011 à 2012, l'UMR Ensam-CNRS Pimm a intégré progressivement l'équipe P2AM (EA 4626) du Cnam. Le site originel de P2AM du Cnam est devenu également en 2016 un des deux sites du laboratoire Pimm. Cet état de fait a été acté dans la convention d'UMR établie en 2016 et signée en 2017.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

L'environnement de recherche du Pimm en Île-de-France est resté relativement stable durant le quinquennal en cours. N'étant pas dans une structure de type idex, I-site, labex, équipex, et étant donné la création des grands sites universitaires en Île-de-France comme l'université Paris Saclay, l'Institut Polytechnique de Paris, Sorbonne université, université PSL, il est très important pour le laboratoire de garder des liens avec les acteurs académiques et industriels de la recherche en Île-de-France. Le Pimm est membre fondateur de deux fédérations de recherche (F2M, Fermi). Depuis 2022, le Pimm est membre du consortium associé au label Domaine d'Intérêt Majeur d'Île-de-France « Matériaux avancés éco-responsables » (MaTerRe) qui rassemble la quasi-totalité des laboratoires Matériaux de la région. Le Pimm est aussi membre de deux clusters régionaux en Île-de-France (la plateforme Additive Factory Hub (AFH), la plateforme Sachems). Au niveau d'Hesam université et du CPER, le Pimm a donné jour à deux plateformes expérimentales avancées en Île-de-France ouvertes aux communautés académiques et industrielles (plateformes Cronos et Meso3D). Au niveau national, dans le cadre du plan France 2030, le Pimm a contribué à la construction de deux PEPR (Diadem, Tase). Le Pimm mène une activité de recherche à finalité industrielle et est très actif dans les structures de recherche partenariale et de valorisation (Amvalor, Institut Carnot ARTS, IRT M2P, IRT Jules Verne).

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	16
Maitres de conférences et assimilés	17
Directeurs de recherche et assimilés	5
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	27
Sous-total personnels permanents en activité	67

Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	4
Personnels d'appui non permanents	6
Post-doctorants	14
Doctorants	71
Sous-total personnels non permanents en activité	95
Total personnels	162

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2022. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
Ensam	25	0	13
CNRS	0	7	7
Cnam	7	0	4
Autres	1	0	3
Total personnels	33	7	27

AVIS GLOBAL

Depuis sa création, la pluridisciplinarité s'est affirmée comme un élément essentiel de l'identité de l'unité, ce qui se traduit par sa volonté affirmée d'aller vers un décloisonnement des expertises et des thématiques de recherche. La mise en place de deux niveaux de pilotage de sa politique scientifique avec deux axes inter-équipes positionnés sur des enjeux stratégiques est tout à fait pertinente.

La production scientifique de l'unité Pimm est excellente tant en qualité qu'en quantité, avec de nombreuses publications dans les meilleures revues et un nombre important de citations. L'implication à l'international de l'unité et son rayonnement sont remarquables et son attractivité est exceptionnelle. Le Pimm a su établir des relations privilégiées dans la durée avec des partenaires industriels, acteurs majeurs des secteurs des transports et de l'énergie. Les contrats qui en résultent, ajoutés aux contrats publics sont nombreux et apportent au Pimm les budgets nécessaires pour réaliser ses objectifs scientifiques. Le Pimm est très fortement impliqué dans la formation par et pour la recherche, notamment l'accueil, l'encadrement et l'accompagnement de ses doctorants. On peut relever également que l'insertion des doctorants est excellente. Le mode de fonctionnement l'unité est remarquablement efficace pour lui permettre de mener à bien ses projets scientifiques. Le comité souligne le travail remarquable et les efforts très importants fournis par l'unité en vue de la restructuration des plateformes, et le caractère exemplaire de leur mutualisation.

Le comité soutient la direction dans son projet de créer un conseil scientifique et d'orientation stratégique (CSOS) constitué de personnalités extérieures pour accompagner ses choix et ses orientations scientifiques. Le comité adhère également pleinement au fait que le projet scientifique va renforcer le positionnement de l'unité sur l'ingénierie des procédés, de la mécanique et des matériaux, mais aussi sur des domaines à l'interface de ces disciplines aboutissant ainsi à de nouvelles applications et innovations.

Le comité note qu'une part importante du budget du laboratoire est issue de financement sur projets (évalués et de gré à gré), par rapport aux subventions récurrentes des tutelles. Ceci peut fortement impacter le pilotage du projet. En effet, cette forte dépendance peut affaiblir la capacité de la direction à déployer son projet scientifique, à redistribuer les ressources et à mener à bien les travaux d'aménagement et de sécurisation.

L'arrivée récente de nouveaux enseignants-chercheurs avec des expertises nouvelles et complémentaires sur les procédés composites, l'identification expérimentale, l'électrochimie, les analyses microstructurales aux petites échelles, le traitement d'image, le CND, la mesure de champs, ouvre de nouvelles perspectives de collaboration et aura sans aucun doute un impact sur l'évolution du projet scientifique. Ce projet qui s'appuie sur les travaux et la trajectoire de chaque équipe, n'a pas vocation à être figé, mais va se nourrir et évoluer au gré de ces interactions et des thématiques ou orientations qu'elles vont engendrer.

D'un point de vue plus général, l'unité a vu ses effectifs de permanents augmenter d'environ 30 % au cours du dernier contrat quinquennal. Il apparaît nécessaire de persévérer dans cette dynamique collective

d'identification de talents pour l'unité, et en particulier les personnels associés au bon fonctionnement des plateformes expérimentales. En effet, la plus grande attention doit être portée à la redistribution des tâches au sein des plateformes et au recrutement des personnels PAR, car le recours à l'emploi sur les ressources propres gérées par Amvalor n'a pas vocation à être pérenne.

Le Pimm présente un projet scientifique pertinent s'inscrivant dans un contexte de renforcement des actions transversales et inter-équipes. Compte tenu de l'excellence scientifique et des compétences réunies au sein de l'unité, le comité n'a aucune inquiétude quant à sa faisabilité.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'unité doit maintenir sa production scientifique au plus haut niveau en restant concentrée sur ses points forts : la production scientifique s'est maintenue à un haut niveau avec une analyse des quartiles donnés dans l'autoévaluation.

Mise en place d'un séminaire doctorants : la crise covid n'a pas permis la mise en place de manière récurrente de séminaires doctorants. Le 1^{er} séminaire annuel organisé par et pour les doctorants va avoir lieu en 2024.

Poursuivre l'ouverture vers des regards extérieurs pour éclairer la politique scientifique de l'unité : depuis sa création, le choix de l'unité avait été fait de ne pas créer un comité scientifique avec des personnalités extérieures. A la place, il a été préféré, d'une part, réunir le conseil de laboratoire et le comité de direction pour les choix stratégiques du Pimm et, d'autre part, organiser des séminaires externés, en invitant des personnalités extérieures pour solliciter leur avis. Au cours du dernier contrat quinquennal, un seul séminaire externé a eu lieu en mars 2022. Par contre, il est prévu pour le prochain contrat, la création d'un conseil scientifique et d'orientation stratégique.

Implication du personnel en appui à la recherche dans le fonctionnement des équipes et des centres de ressources, ainsi que dans la politique de publication : afin d'encourager et valoriser l'implication des personnels techniques dans les activités diverses de l'unité, plusieurs actions ont été mises en place : redistribution des responsables d'entretiens professionnels annuels vers les responsables d'équipe de recherche ; création d'appels à projets internes sur fonds propres pilotés par un personnel PAR. Les règles et critères ont été établis par un groupe de travail issu du conseil de laboratoire (CdL) ; organisation d'ateliers sur la vie du laboratoire. Des ateliers sur l'accueil des nouveaux arrivants, la communication interne, l'amélioration de la vie quotidienne au Pimm ont été organisés dans le cadre du séminaire externé ; incitation à la participation des IT dans les publications. Le pourcentage de publications dans lesquelles au moins un personnel technique (majoritairement IE et IR) est co-auteur est passé de 16 % en 2017 à 28 % en 2022.

Mise en place des moyens de pilotage nécessaires à la réussite des quatre orientations scientifiques inter-équipes (OS) et préciser le rôle de chacun (lettres de missions) : les orientations scientifiques inter-équipes sont toutes animées par un binôme de chercheurs ou d'enseignants-chercheurs appartenant à deux équipes de recherche différentes. En 2019, les animateurs d'OS ont reçu une lettre de mission avec deux objectifs principaux, faire un bilan des activités et favoriser les échanges sur leur thématique.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Les objectifs scientifiques du Pimm sont clairs et reposent, d'une part, sur les stratégies de ses quatre équipes qui visent à consolider leurs compétences et leur identité et, d'autre part, sur les quatre orientations scientifiques inter-équipes qui visent à encore mieux profiter des compétences transversales du Pimm. En effet, l'unité intègre de nombreuses compétences multidisciplinaires autour du triptyque chimie/procédés/structures intelligentes et durables. Dans ce contexte, il affiche une très bonne cohérence d'ensemble avec des interactions fortes entre les équipes, notamment en termes de publications.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources financières sont importantes et basées sur les contrats de recherche (plus de 250 avec des industriels, ANR, Europe, etc.) et la subvention des tutelles. On note que le nombre de contrats a augmenté au fur et à mesure du quinquennat, en adéquation avec l'augmentation du nombre de chercheurs. De plus, la direction de l'Ensam a monté un projet de rénovation incluant les locaux du Pimm dans le cadre du CPER 2021-2027. Le projet a été retenu avec une dotation néanmoins réduite à 14 M€. Seule une partie des locaux pourra en bénéficier. Le Cnam a aussi entrepris la rénovation des locaux partagés afin d'installer une grande plateforme de microscopie.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le fonctionnement de l'unité est très bon. Une redistribution des entretiens vers les responsables d'équipe a été mise en place en 2019 (bilan très positif). Aussi, l'unité est organisée, avec une commission/responsable/correspondant pour chaque item (communication, service secouriste au travail, formation permanente, correspondant Europe, centre de calcul, infrastructures, école doctorale). Un soin tout particulier est apporté au plan de formation de l'unité. De plus, le nombre de projets européens est passé de six à dix-huit entre 2014-2018 et 2017-2022, et les projets compétitifs acceptés sont passés de 26 à 52 durant la même période. Ce doublement est remarquable.

1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité s'est assigné au cours de la période une politique incitative pour les collaborations inter-équipes (passage de sept à quinze thèses pendant le quinquennat) ; technologies d'apport pour la FA (fabrication additive) ; « architecturation » de copolymères blocs par recuit laser, mesures de non-linéarités d'un signal d'ondes de déplacement (fatigue sur machine ultrasonique) ; jumeau numérique hybride d'un robot usineur). De plus, elle a développé une stratégie en adéquation avec la politique de recherche des tutelles (énergie, transports, métallurgie, plasturgie, industrie du futur) (AFH, GIS Head, GDR Alma, Plateforme Sachems et H2020 Morpho sur la maintenance prédictive, Chaire @create avec ESI, Chaire SKF). Dans ce contexte, on note une amplification des partenariats industriels structurants (labcom Air Liquide renouvelé avec thématiques élargies vers le stockage de l'hydrogène et la combustion des polymères, consortium AFH sur la FA métallique prolongé, ainsi que les chaires Arkema et @Create ID avec ESI). D'autre part, l'unité a renforcé ses activités vers des enjeux écologiques (allègement des matériaux et structures (ANR JCJC Scolastic, Chaire Arkema), augmentation de la durée de vie des matériaux (ERC FastMat), recyclage (Chaire Mines Urbaines). Cela s'est traduit notamment par le développement des plateformes expérimentales de pointe (procédés innovants, caractérisation des matériaux et des structures) (CPER Meso3D, CPER Cronos, DIM MaTerRe et IC ARTS CoMix), une contribution au financement d'un mésocentre de calcul (Cassiopée). Enfin, l'unité s'est organisée pour le recrutement des meilleurs talents (concours CR CNRS, 2 à 3 candidats dans les sections 9, 10 et 11 depuis 2020, 1 recrutement CR en 2021).

Points faibles et risques liés au contexte

Une politique d'incitation menée par la direction avec des moyens clairs alloués aurait sans doute aidé les animateurs d'OS à mobiliser davantage les personnels et permis une dynamique plus forte, néanmoins fortement freinée par la période covid. On notera également un point de vigilance concernant la pérennisation des compétences en métallurgie et en caractérisation des matériaux.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

À partir du profil d'activités défini par l'unité, le comité note sa capacité remarquable pour tirer profit de son environnement de recherche et pour mobiliser des ressources soutenant son activité. D'un point de vue financier, l'unité se caractérise par : un budget d'un montant annuel moyen de 280 k€ (fonctionnement, consommables et petites réparations des plateformes de recherche mutualisées et accessibles à l'ensemble du laboratoire) ; un équilibre budgétaire entre la part des contrats de gré à gré et la part des contrats évalués ; une incitation à une activité de recherche partenariale avec l'industrie (politique de ressource scientifique) ; un cofinancement d'équipements de dernière génération et développement des plateformes expérimentales (procédés de fabrication, caractérisation des matériaux et des structures) : abondement de l'institut Carnot Arts à la hauteur de 125 k€ / an, dispositif Plan Pluriannuel d'investissement (CNRS, Ensam, Cnam), grands projets CPER 2021-2027 retenus (Cronos, Meso3D). Cela se traduit également par des financements de thèses de l'école doctorale SMI et du dispositif 80Prime du CNRS (1 bourse en moyenne par an) et en parallèle d'un nombre significatif de thèses Cifre. Enfin, une rénovation des locaux partagés par le Cnam et le Pimm est financée afin d'y installer une grande plateforme de microscopie du Pimm dont le projet Meso3D.

Points faibles et risques liés au contexte

Un point de vigilance concerne le projet de rénovation incluant les locaux du Pimm dans le cadre du projet CPER 2021-2027 (projet retenu mais dotation réduite de 14 M€ au lieu des 34 M€ de la demande initiale). Ce projet a mobilisé grandement les personnels du Pimm depuis 2021 et leur a donné un vrai espoir d'être dans des locaux rénovés et aux normes. Malheureusement, seule une petite partie des locaux pourra bénéficier du financement CPER (principalement la réfection du clos couvert : toits et murs). On note également que cela ne résout pas les problèmes de sécurité et de remise aux normes de l'unité.

3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le fonctionnement de l'unité en matière de gestion des ressources humaines a évolué de façon notable au cours de la période. En effet, une redistribution des entretiens vers les responsables d'équipe a été mise en place en 2019, ainsi qu'une dynamique collective d'identification de talents pour l'unité, mais aussi une formation en ligne sur la sécurité et les équipements grâce à des formateurs internes. Des mesures fortes ont été prises par l'unité pour prévenir les risques en matière de protection de son patrimoine scientifique et de ses systèmes d'information : mise en place d'un responsable de la formation permanente (diffusion des offres de formation proposées par le CNRS à tout le personnel, rédaction d'un plan de formation du laboratoire), formation des agents sur les différents besoins en lien avec la prévention et la sécurité SST (Sauveteur Secouriste du Travail), utilisation d'extincteur, habilitation électrique. Une cellule Santé et Sécurité au Travail a été créée et est animée par l'assistant de prévention, également référent Poudres. La cellule SST est également constituée d'une référente en risques chimiques, d'un référent en risques laser, d'un référent en risques électriques et mécanique, d'une personne compétente en radioprotection. Cette personne est compétente en radioprotection, référente en risques chimiques, électriques et mécaniques. Elle assure la rédaction du document unique, et effectue le relais avec le CHSCT du campus de Paris de l'Ensam et avec celui du Cnam. L'unité effectue des diffusions d'informations et une incitation à suivre des formations sur les thèmes de la gestion du conflit, du harcèlement et des violences sexistes et sexuelles. Enfin, un référent Développement Durable a été nommé concernant l'évaluation de l'impact carbone de l'unité grâce à l'application Labo1.5, avec un ancrage des travaux de recherche dans les enjeux environnementaux, ainsi qu'un plan d'action Développement Durable et Responsabilité Sociétale. On note également la mise en place pertinente d'un plan de continuité d'activité (travail à distance et meilleure organisation des documents partagés).

Points faibles et risques liés au contexte

Le comité note les points de vigilance suivants. Concernant la parité, le pourcentage de femmes est de 31 % pour l'ensemble du personnel. Néanmoins, il faut noter qu'il est seulement de 13 % pour les chercheurs et enseignants-chercheurs avec une seule femme professeure des universités. Il est de 33 % pour les ITA et de 29 % pour les doctorants. Les domaines de recherche gravitant autour de la mécanique et des procédés peuvent expliquer ce déséquilibre.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Le Pimm dispose d'une attractivité remarquable pendant la période. On note que l'unité a vu ses effectifs de permanents augmenter d'environ 30 % au cours de la période (25 arrivées pour 16 départs). Cela se traduit notamment par un taux de succès exceptionnel sur les appels à projets compétitifs (taux de succès ANR augmenté de près de 50 % et multiplié par trois pour les projets européens). De plus, le Pimm a des ressources propres équilibrées grâce aux contrats de gré à gré, ce qui lui permet de mener une activité de recherche très soutenue grâce aux recrutements de doctorants et de post-doctorants (616 publications pendant la période, soit 2,3 publications/an et par agent permanent (53 agents), 7 brevets). L'unité a mis en place une politique d'accompagnement des personnels très pertinente (gestion des plateformes, incitation aux actions de recherches inter-équipes). De plus, la qualité des équipements de l'unité est remarquable et permet à l'unité d'avoir un positionnement thématique aux meilleurs niveaux national et international.

- 1/ *L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ *L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ *L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ *L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

Le rayonnement scientifique du Pimm est en tous points remarquable. Ainsi, l'unité a été impliquée dans l'organisation de quatre grandes conférences internationales pendant la période (2019 Smart sur les systèmes intelligents, 2019 Materials & Nanomaterials, 2019 CSMA, 2020 et 2022 WCCM-Eccomas et 2021 Complas en calcul des structures, IUTAM Symposium on data-driven mechanics, 2022), l'organisation de 65 workshops et journées scientifiques dans les domaines des quatre équipes de recherche, l'organisation de trois symposiums liés aux projets européens (Team Cable, MyPack et Morpho), ainsi que 100 conférences plénières ou Keynotes. On note aussi une incitation très forte à s'engager dans toutes les instances nationales et internationales de la recherche au moment de leur renouvellement (membre de l'Académie des sciences et technologies depuis 2019, présidence de l'Association française de Mécanique depuis 2022, membres du CoNRS sections 9 et 11 pendant la période 2021-2026, membre du conseil scientifique du CNRS entre 2021 et 2026, membre du conseil scientifique du Cnam pendant la période 2018-2022, membre du conseil scientifique de l'Ensam pendant la période 2017-2018 et depuis 2022, membre de la section CNU 61 pendant la période 2020-2023, membre du conseil scientifique et technique du Cetim entre 2020 et 2022). On notera également des responsabilités éditoriales remarquables dans différentes revues ou collections telles que Materials Today Communication, Polymer Degradation and Stability, Optics and Laser Technology, International Journal of Forming, Mechanical Systems and Signal Processing and Collection Encyclopédie sciences, Science des matériaux, mais aussi éditeurs de numéros spéciaux (Contributions in mechanics and materials). Le rayonnement exceptionnel du Pimm se traduit également par douze distinctions et prix décernés à des membres du laboratoire (chercheurs, PAR ou doctorants). Enfin, le Pimm assure la direction du projet Descartes de la filiale @Create du CNRS localisée à Singapour (budget de 50 M€ sur 5 ans), rassemblant des chercheurs de treize universités françaises, quatre universités à Singapour et cinq partenaires industriels.

Durant le quinquennal, on note une augmentation très significative de 30 % des effectifs, avec l'arrivée en mutation de trois chercheurs CNRS (1 DR, 2 CR) et de trois professeurs. Ils ont apporté une activité et des recrutements de doctorants, post-doctorants supplémentaires. On note également la création d'un poste IGE sur la caractérisation physico-chimique soutenu par la direction de la recherche du Cnam en 2017. D'autre part, pour la première fois, l'unité a obtenu un poste de responsable administrative CNRS.

L'unité a mis en place une aide financière aux nouveaux chercheurs et enseignants-chercheurs (5 k€ par nouvel arrivant). En concertation avec les membres de l'unité, un appel à projets interne piloté par un PAR à hauteur de 25 k€ a été mis en place en 2020 puis en 2022. Ainsi, six projets ont été retenus à chaque AAP. L'unité accueille également tous les ans entre trois et quatre chercheurs invités qui viennent de toute l'Europe, mais également des USA, du Mexique, du Canada, de la Russie et d'Iran. Le dynamisme et l'attractivité de l'unité se traduisent aussi par l'invitation de chercheurs français, mais également internationaux lors des séminaires internes de l'unité : 2019, onze séminaires, dont huit étrangers ; 2020, sept séminaires, dont deux étrangers ; 2021, dix-neuf séminaires, dont douze étrangers ; 2022, seize séminaires, dont quatre étrangers. D'un point de vue général, on notera ici l'indexation de la dotation récurrente aux unités du site au nombre d'articles déposés en archive ouverte (création d'une Direction de l'Information Scientifique et de la Science Ouverte (DISSO)), mise en œuvre de l'archive ouverte Sam (accueil de Sam (ensam.eu)). Enfin, le Pimm est fortement impliqué dans la sensibilisation des personnels aux enjeux de l'intégrité scientifique, et l'incitation à reconnaître le travail des personnels techniques en les mettant co-auteurs de publications.

L'unité a une implication exceptionnelle dans les appels à projets nationaux (ANR), européens (ERC) et internationaux. Ces projets représentent quasiment 50 % du budget du laboratoire. Pendant la période, on note une augmentation très significative des projets nationaux (ANR, FUI devenu PSPC), avec un effort particulier réalisé sur les AAP européens, et un fort soutien du service Europe de la DR05 CNRS et de la cellule Europe à l'Ensam, avec la nomination d'un correspondant Europe au sein du laboratoire. La nouvelle politique

scientifique de l'unité s'est traduite par un renforcement remarquable des projets inter-équipes : ANR Nocolox, FUI AM-Bition associés à l'OS FA, ANR JCJC Scolastic associé à l'OS MA, ANR ForgeLaser, IRT Transfuge, H2020 Morpho associés à l'OS DY, ANR Feta associé à l'OS AP.

L'unité Pimm a une structuration basée sur quatre plateformes de recherche. Il s'agit d'un parc remarquable d'équipements, allant de la mise en forme des polymères et métaux aux techniques d'analyse microstructurales, physicochimiques, mécaniques des matériaux, complétés par de l'instrumentation de pointe en vibrations et contrôle santé des structures. La gestion des plateformes est portée de façon très pertinente par un responsable IT aidé des autres membres IT de la plateforme et chargés d'assurer les missions de formation des utilisateurs, la planification des utilisations, la maintenance et la réparation des machines, l'élaboration d'un budget prévisionnel. Le coût des frais fixes d'entretien des équipements matériels et annexes considérés communs à tout le laboratoire est pris en charge à hauteur de 50 k€ par l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Durant le quinquennal, le Pimm a connu de nombreux changements liés à décès, congé parental, congé pour convenance personnelle, mutations, disponibilité. Ces changements ont nécessité des redistributions de tâches pour certains collègues et le recrutement de CDD. Malgré cette fragilité, il faut noter la très bonne volonté et capacité d'adaptation des personnels ITA et le soutien des tutelles pour trouver des solutions. Pour faire suite à des départs, le CNRS a octroyé un poste d'IE et un poste d'IR. L'Ensam a financé un poste d'IR en CDI par la plateforme AFH. Le Cnam a également ouvert un poste d'IE et un poste d'IR en CDD pour combler les absences temporaires. Par ailleurs, il y a eu recours à l'emploi sur ressources propres de certains personnels. Ainsi, le nombre de personnels techniques en CDI financés sur les ressources propres du laboratoire et gérées par Amvalor est passé d'un à trois pour répondre aux besoins de soutien et développement expérimental du Pimm. Il s'agit ici potentiellement d'un point de vigilance et un risque à long terme pour le fonctionnement des plateformes.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique est très importante en nombre, parfaitement ciblée sur les objectifs de recherche de l'unité et de très bonne qualité avec un bon équilibre des équipes dans la production globale. Le comité note la forte augmentation du nombre de publications inter-équipes sur les thématiques des orientations scientifiques inter-équipes, et adhère pleinement à cette volonté de renforcement des actions transversales au sein de l'unité.

- 1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*
- 2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*
- 3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La production scientifique de l'unité est de très haute tenue et de niveau international. On recense 616 publications pendant la période 2017-2022, 14 % en inter-équipe, ainsi qu'un taux annuel de publications par chercheurs et enseignants-chercheurs excellent de 2,5 à 3,6 suivant les équipes, ce qui correspond à un taux supérieur à 5 par ETP. La production scientifique s'appuie sur des relations fortes avec les unités de l'Ensam (parisiennes et nationales) et des collaborations significatives avec des unités en Île-de-France facilitées par l'existence des fédérations F2M et Fermi et de différentes plateformes (AFH, Sachems, etc.). Les disciplines principales issues des publications sont les sciences de l'ingénieur, la chimie, la physique (science des matériaux, mécanique des matériaux, polymères et composites et fabrication additive, machine learning). Les principales revues internationales à comité de lecture sont parmi les plus reconnues de la communauté, et ceci pour les quatre équipes. D'autre part, le nombre de publications inter-équipe est passé de trois à 86 pendant la période,

dont 39 concernent les thématiques des OS. Le comité apprécie en particulier que la majorité des publications inter-équipes portent sur des thématiques dont la dynamique a été lancée au début du quinquennat.

Le potentiel de recherche de l'unité est très important et repose sur une politique interne de diffusion des connaissances à l'égard des chercheurs et enseignants-chercheurs mais également de ses doctorants, post-doctorants et personnels techniques. Concernant les chercheurs et enseignants-chercheurs, la dotation des tutelles Ensam et Cnam est basée sur le caractère publiant ou non des chercheurs et des ingénieurs de recherche. Elle incite donc les responsables d'équipes à être vigilants sur ce point. Tous les chercheurs sont publiants. Au niveau des équipes, la production scientifique de l'unité est équilibrée au regard du nombre d'ETP (en comptant chercheurs et personnels techniques) de chaque équipe. Les doctorants participent à 61 % des publications du Pimm. Ils sont quasi systématiquement premiers auteurs des publications pour lesquelles ils sont co-auteurs. Le nombre de publications par doctorant est d'au moins une ce qui est une règle de l'école doctorale pour soutenir la thèse. Mais le plus souvent, ils finissent leurs travaux de thèse avec deux voire trois publications. Les post-doctorants sont également, le plus souvent, premiers auteurs de leurs publications. D'un point de vue général, les personnels techniques sont bien mis en avant dans les publications en accord avec leur apport aux travaux des publications. Huit ingénieurs ont plus de cinq publications chacun sur la période.

L'unité respecte les chartes science ouverte des tutelles qui s'appuient sur les directives du Plan National pour la Science Ouverte. Les doctorants de l'unité sont invités à participer à la formation sur la science ouverte et l'intégrité scientifique. Pour chaque projet ANR ou Horizon Europe porté par un chercheur de l'unité, une attention particulière est portée à la rédaction du plan de gestion de données, dans le respect des principes FAIR. Les journaux de type MDPI (Metals, Polymers, Materials, etc.) figurent en nombre non négligeable dans le bilan de la production scientifique. Ces journaux ne sont pas aujourd'hui considérés comme des revues en « zone grise » et permettent de publier en open access le résultat des travaux de recherche, comme demandé dans le cadre des projets européens, projets ANR et autres. Néanmoins, face à l'augmentation forte de publications dans ces revues, le laboratoire a sensibilisé ses personnels aux enjeux de l'intégrité scientifique avec l'accent mis sur la problématique des revues prédatrices et les enjeux de la qualité du peer review.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

L'unité a publié dans 219 journaux différents les 616 publications. On peut se demander si cette grande diversité limite la visibilité des recherches effectuées au Pimm.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

L'unité Pimm effectue une très forte activité de recherche partenariale avec les entreprises (fort soutien du milieu industriel avec environ 250 contrats de gré à gré et 22 % de financement Cifre pour les thèses). On soulignera ici les actions à long terme avec des partenaires industriels clés, attestées par des LabCom et des chaires industrielles, les activités de recherche répondant aux enjeux de développement durable et de l'industrie du futur, et les actions de diffusion vers le grand public.

- 1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

L'unité a construit dès son origine des liens très forts avec le monde industriel. La moitié de ses financements est obtenue par des contrats de gré à gré avec l'industrie (plus de 250 contrats sur la période) alors que parallèlement plus de 40 contrats collaboratifs intègrent également des acteurs du monde industriel (FUI, PSPC, ANR dont PRCE, H2020). L'unité travaille aussi bien avec de grands groupes industriels que des PMI. Elle dispose

des outils adaptés pour gérer ses contrats de gré à gré avec simplicité et efficacité grâce à ses tutelles CNRS, Cnam et à sa tutelle Ensam par le biais de la filiale Amvalor. 190 thèses sont dénombrées durant la période dont 43 thèses Cifre et dix-sept encore en cours. Parmi les entreprises concernées par les thèses Cifre, on peut citer Renault, PSA, Safran, Air Liquide et des laboratoires ou des instituts tels que LRCCP, Ifremer. On notera que les prestations de recherche pures représentent moins de 10 % de tous les contrats de gré à gré et ne sont acceptées par la direction que pour initier de futures collaborations ou aider au fonctionnement des plateformes de recherche. L'unité fait la promotion des partenariats de longue durée : trois chaires industrielles (ESI, Arkema et SKF) ainsi qu'un laboratoire commun avec Air Liquide reconduit en 2022 avec trois nouvelles thèses en cours. En excellente adéquation avec ses axes forts, l'unité fait la promotion des sujets porteurs et pour la plupart tournés autour du développement durable et de l'industrie du futur, gestion du cycle de vie des matières plastiques, performance des matériaux, stockage d'hydrogène, recyclage, automatisation et contrôle santé en temps réel des structures, pilotage des procédés par l'IA et les jumeaux numériques.

En parfait accord avec les tutelles, l'unité incite fortement à développer des projets avec partage de la Propriété Intellectuelle, ainsi qu'au dépôt de brevets et de licences logiciels. De plus, on note une incitation à bon escient des jeunes chercheurs à développer leurs start-up ou à aider des start-up. Ainsi, on note l'hébergement d'entreprises ou membres d'entreprise pour les aider à se développer moyennant une convention : une petite entreprise avec un professeur à mi-temps (société SD-Tools) ; un Past avec Safran ; un ingénieur de la société ESI ; un ingénieur de la société Arkema à 0,8 ETP dans le cadre de la chaire Arkema ; la société Cryocapcell qui a quitté le laboratoire en 2021. D'un point de vue général, l'unité diffuse ses résultats à destination du monde socio-économique principalement par les congrès internationaux mais aussi les publications dans des journaux dédiés (Revue des Industries Agro-Alimentaires 2019 et 2021, Revue Parlementaire dédiée à l'Enseignement Supérieur en Île-de-France en 2019) ; journées techniques ; réseau des anciens doctorants du laboratoire ; site internet et réseaux sociaux ; Carnot Arts grâce aux journées Carnot annuelles ; salons professionnels tels que le Midest en 2022.

L'unité incite en particulier à montrer et à valoriser ses travaux de recherche auprès des jeunes pour les inciter à rejoindre les métiers techniques et de la recherche (accueil d'une dizaine de stagiaires élèves de 3^{ème} par an ; trentaine de stagiaires de niveau bac+2 à bac +5 par an dans le cadre de leurs formations ; élèves ingénieurs en alternance du Cnam de la FISA Matériaux dans le cadre de leur initiation à la recherche et les étudiants de l'Ensam dans le cadre de leur projet ; réponse positive à toutes les demandes de visites des différentes formations d'étudiants de l'Ensam et du Cnam). L'unité s'implique également systématiquement aux fêtes de la science au travers des parcours insolites proposés par le CNRS et des manifestations Cnam et aux journées portes ouvertes organisées par le campus de Paris de l'Ensam. Le Pimm a également contribué à des reportages TV, vidéos ou de presse (E=M6 sur la pâte à modeler en 2018, sur l'emballage en 2022, France3 « avoir un handicap et être ingénieur de recherche » en 2019, Vidéo de Campus France « étudier en France » en 2019). L'édition d'une « gazette » Pimm est réalisée tous les mois ou tous les trimestres en fonction des nouveaux arrivants, manifestations, informations hygiène et sécurité, résultats scientifiques et nouveaux équipements acquis par l'unité. Elle est également transmise pour partie aux cellules de communication des tutelles. Enfin, un Mocc d'orientation Robotique à destination des lycéens, des équipes éducatives des lycées et des parents a été réalisé.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

On note des améliorations possibles concernant l'impact de la communication externe.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Les enjeux de recherche de l'unité Pimm visent à participer à et à produire des solutions techniquement et économiquement pragmatiques, innovantes, capables d'intégrer le bien-être des personnes et de limiter la pression sur l'environnement (expertises et connaissances fortes au service de l'interdisciplinarité, un des véhicules majeurs pour appréhender ces nouveaux enjeux sociétaux et paradigmes scientifiques). Une volonté affirmée de l'unité est ainsi d'aller vers un décroisement des expertises et thématiques de recherche. Depuis sa création, la pluridisciplinarité s'est affirmée comme un élément essentiel de son identité. L'arrivée récente de nouveaux chercheurs avec des expertises nouvelles et complémentaires sur les procédés composites, l'identification expérimentale, l'électrochimie, les analyses microstructurales aux petites échelles, le traitement d'image, le CND, la mesure de champs, ouvre de nouvelles perspectives de collaboration et aura sans aucun doute un impact sur l'évolution du projet scientifique. Ce projet qui s'appuie sur les travaux et la trajectoire de chaque équipe, n'a pas vocation à être figé, mais va se nourrir et évoluer au gré de ces interactions et des thématiques ou orientations qu'elles vont engendrer.

D'un point de vue général, le comité soutient le processus conduisant à identifier les thématiques et les interactions scientifiques qui définiront le périmètre du projet scientifique de l'unité. Une journée de réflexion prospective a été organisée le 17 février 2023 où les responsables de chaque équipe et des plateformes ont présenté, à l'ensemble des permanents, le fruit de leurs réflexions sur leurs trajectoires scientifiques pour les prochaines années. Durant cette journée, une discussion a été menée sur les dispositifs de pilotage et d'animation de la politique scientifique transverse de l'unité. Ainsi, en partant des trajectoires des équipes et en s'appuyant sur leurs expertises, l'unité va se doter de mécanismes facilitant les échanges, l'émergence et l'accompagnement de projet inter-équipe à fort impact scientifique et sociétal. Le projet a pour but de systématiser le travail en commun afin de créer des ponts entre différentes disciplines, allant de la chimie et des procédés aux structures intelligentes et durables.

Par ailleurs, le comité soutient la direction à créer un conseil scientifique et d'orientation stratégique (CSOS) pour accompagner ses choix et orientations scientifiques. Ce CSOS sera constitué de personnalités extérieures représentant les tutelles et le monde socio-économique et scientifique. Il se réunira au moins une fois par an, suite à la publication du rapport d'activité. En effet, la direction va s'engager à rédiger un rapport annuel d'activités annuel (bilan et perspective) qui sera transmis au CSOS pour avis et recommandations. Ce rapport permettra une meilleure articulation entre le pilotage stratégique et scientifique de l'unité. Une version publique sera publiée sur le site de l'unité.

Le comité adhère pleinement au fait que le projet scientifique va renforcer le positionnement de l'unité sur l'ingénierie des procédés, de la mécanique et des matériaux, mais aussi sur des domaines à l'interface de ces disciplines aboutissant ainsi à de nouvelles applications et innovations. Pour ce faire, il va s'appuyer sur son ancrage dans les différentes structures de recherche nationales (GDR, fédérations, Carnot, chaires, labcom), sur ses multiples collaborations internationales et sur son réseau d'entreprises partenaires. On peut notamment citer l'implication forte du Pimm dans deux nouveaux GDR et dans une fédération qui débute en 2023 : I-Gaia (Ingénierie auGmentée par la donnée, l'Apprentissage et l'IA) porté par le Pimm, Ex-Modeli (Exploitation et Modélisation des dynamiques non linéaires) et la fédération Chocodyn fondée et portée par le Pimm. Il est en parfaite adéquation avec la politique scientifique des tutelles et de l'État. Il va s'appuyer sur les différents vecteurs et mécanismes de financement de la recherche publique française et européenne. Le projet rentre en résonance avec plusieurs programmes de financements dits « dirigés » du Programme d'investissements d'avenir (ex. les PEPR) et du programme-cadre « Horizon Europe 2021-2027 » de l'EU, et avec les domaines scientifiques d'intérêt majeur de la région Île-de-France (DIM). Cependant, le comité note également qu'une part importante du budget du laboratoire est issue de financement sur projets (évalués et de gré à gré), par rapport aux subventions récurrentes des tutelles. Ceci peut fortement impacter le pilotage du projet. En effet, cette forte dépendance peut affaiblir la capacité de la direction à déployer son projet scientifique, à redistribuer les ressources et à mener à bien les travaux d'aménagement et de sécurisation.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité

Le comité adhère pleinement à la politique RH de l'unité (redistribution des entretiens vers les responsables d'équipe ; dynamique collective d'identification de talents pour l'unité ; formation en ligne sur la sécurité et les équipements grâce à des formateurs internes ; responsable de la formation permanente ; Cellule Santé et Sécurité au Travail, DD&RS), ainsi que la création d'un conseil scientifique et d'orientation stratégique (CSOS) extérieur pour accompagner ses choix et orientations scientifiques.

D'autre part, le comité soutient la mise en place de deux niveaux de pilotage de la politique scientifique pour un pilotage plus performant : la création de deux axes inter-équipes positionnées sur des enjeux stratégiques ; lancement de projets structurants en lien avec ces axes stratégiques. Le premier axe concernera l'optimisation en ligne et la surveillance des procédés, nommé ESMP (optimisation des procédés en vue d'une fabrication plus écologique et durable). Le second nommé Isama a pour objectif la prise en compte des enjeux sociétaux et environnementaux au cœur des recherches autour des matériaux innovants. Ces deux axes transversaux et multidisciplinaires seront les deux véhicules de la direction pour structurer le projet de recherche du laboratoire : de la chimie et des procédés vers des structures intelligentes et durables. Ils seront pilotés par un responsable. Ils feront l'objet d'une lettre de mission et seront accompagnés par un comité de pilotage. Dans ce contexte, un plan de financement sur fonds propres de l'unité devra être mis en place pour inciter encore plus le dynamisme des deux axes transversaux.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

L'unité a vu ses effectifs de permanents augmenter d'environ 30 % au cours du dernier quinquennal. Cependant, le comité recommande à l'unité de persévérer dans sa dynamique collective d'identification de talents - et en particulier les personnels associés au bon fonctionnement des plateformes expérimentales. En effet, la plus grande attention devra être portée à la redistribution des tâches au sein des plateformes et au recrutement des personnels d'appui à la recherche titulaires, car le recours à l'emploi sur ressources propres par le biais d'Amvalor n'a pas vocation à être pérenne.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Le comité soutient particulièrement la stratégie de l'unité à encourager les actions et publications inter-équipes, ainsi que l'implication des PAR dans la politique de publication. On pourra aussi noter que l'unité a publié dans 219 journaux différents les 616 publications. Une réflexion pourra être menée pour justifier de l'opportunité d'une telle diversité, et des conséquences éventuelles sur la stratégie de communication de l'unité.

Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société

L'unité Pimm effectue une très forte activité de recherche partenariale avec les entreprises (fort soutien du milieu industriel avec environ 250 contrats de gré à gré et 22 % de financement Cifre pour les thèses). Le comité souligne ici et soutient les actions à long terme avec des partenaires industriels clés, les activités de recherche répondant aux enjeux de développement durable et de l'industrie du futur, et les actions de diffusion vers le grand public. Néanmoins, le comité note un déficit en termes de communication. Ainsi, le comité adhère pleinement à la création d'une nouvelle mission de « chargé de communication » qui sera mise en place dans le nouveau projet de l'unité. La personne en charge travaillera en étroite collaboration avec la direction et avec la « cellule communication » déjà existante pour mettre en place le projet scientifique visant à renforcer le positionnement de l'unité sur l'ingénierie des procédés, de la mécanique et des matériaux, mais aussi sur des domaines à l'interface de ces disciplines aboutissant ainsi à de nouvelles applications et innovations. Il va s'appuyer sur l'ancrage de l'unité dans les différentes structures de recherche nationales (GDR, fédérations, Carnot, chaires, labcom), sur ses multiples collaborations internationales et sur son réseau d'entreprises partenaires.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : Comportement et Microstructure des Métaux (Comet)

Nom du responsable : M. Nicolas Ranc

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les activités de l'équipe concernent le comportement micromécanique et la fatigue des matériaux principalement métalliques. Elles sont organisées autour de trois thèmes.

Le premier thème concerne la micromécanique théorique, numérique et expérimentale. Il est focalisé sur l'étude des polycristaux et sur les approches multi-échelles (champs moyens, FFT, FEM).

Le second thème porte sur l'endommagement, la rupture (ductile et fragile sous environnement) et la fatigue à très grand nombre de cycles (VHCF).

Le troisième thème concerne l'ingénierie des matériaux et traite d'effets de procédés choc laser sur les contraintes résiduelles et sur les propriétés d'usage, ainsi que d'élaboration par la fabrication additive de matériaux métalliques et de matériaux architecturés.

Ces thématiques placent l'équipe Comet en très forte interaction avec l'équipe Laser, sans que les collaborations transverses ne se limitent pour autant à cette équipe.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Recommandation 1 : « Pour la vie de l'équipe, il sera souhaitable que des MCF passent leur HDR durant le prochain mandat. ».

Ce fut le cas pour deux MCF de l'équipe, en 33^e et 28^e section, portant ainsi le nombre d'habilités à près de 60 % des effectifs d'EC et C. Ces évolutions viennent conforter la pérennité d'activité cœur de l'équipe.

Recommandation 2 : « Une réflexion sur les projets de recherche à vocation industrielle pourrait permettre de voir les demandes de financement à la hausse ».

Les ressources issues de la valorisation, du transfert et de la collaboration industrielle représentent 11 % des ressources de la période, auxquels viennent s'ajouter 27 % provenant des financements publics nationaux qui associent également des entreprises. Néanmoins, 62 % des ressources proviennent d'AAP internationaux (et notamment d'un ERC). La question reste d'actualité pour la période à venir.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maitres de conférences et assimilés	6
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	5
Sous-total personnels permanents en activité	17
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	1
Doctorants	8
Sous-total personnels non permanents en activité	10

Total personnels

27

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe Comet jouit d'une forte cohérence thématique et montre de nombreuses interactions entre les axes, réalisant de fait un chainage complet entre la microstructure et les propriétés, tout en abordant les procédés. Cette cohérence passe aussi par le développement poussé d'outils d'acquisition et d'analyse, spécifiques de l'unité ou en interaction avec les grands instruments. Certaines contributions, mises au service de la communauté, sont pionnières dans le domaine.

Du fait de son très bon niveau scientifique, attesté par la qualité de ses nombreuses publications, l'équipe démontre une excellente visibilité à l'échelle nationale et internationale.

Elle présente un bon équilibre entre les activités expérimentales et numériques. Le taux de réussite à des projets compétitifs est excellent. Les ressources provenant de collaborations industrielles pourraient être plus importantes étant donné la nature des travaux menés dans l'équipe afin de diversifier l'origine de financement.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les activités de l'équipe Comet sont cohérentes du fait de dialogues entre différentes échelles du matériau, à l'aide d'outils d'observation et de modélisation en interaction avec les procédés de mise en œuvre, afin d'optimiser les propriétés d'usage et notamment la tenue en service. Elles sont reconnues et visibles sur les matériaux architecturés, la fatigue ultrasonique, les modélisations micromécaniques, la plasticité cristalline, la diffraction des rayons X résolue en temps.

Pendant la période d'évaluation, l'équipe a obtenu le financement de nombreux projets de recherche nationaux et internationaux. On décompte neuf projets ANR, deux projets Institut Carnot ARTS, deux projets européens (MSCA et Cofund). Les activités de recherche utilisant des sources de rayonnement X (diffraction des rayons X et dans certains cas tomographie X dans le cadre de collaborations) ont pu être réalisées grâce à l'obtention de temps de faisceaux auprès des synchrotrons nationaux et internationaux (Soleil, Diamond, ESRF, SLS, Elletra, etc.). Des développements spécifiques de l'équipe en diffraction des rayons X résolue en temps ont été intégrés sur les lignes de mesure.

L'équipe s'est fortement mobilisée dans l'obtention et la mise en œuvre du projet CPER Meso 3D. Les équipements associés seront opérationnels durant l'année 2024.

Le rayonnement de l'équipe Comet est excellent. Il se traduit par de nombreuses collaborations nationales et internationales. Sur l'ensemble des publications de la période, 30 % sont associés à ces collaborations.

Le dynamisme de l'équipe au niveau des responsabilités collectives, en local et à l'échelle nationale, est à noter : direction du laboratoire, direction adjointe de l'école, fédération de recherche F2M, instances nationales (CNU et CoCNRS), sociétés savantes, GdR et pilotage de grands instruments.

Le niveau des publications est excellent (80 % dans des journaux très reconnus de la communauté). La moyenne est de quatre publications/an/ETP sans les IR et de 2,8 publications/an/ETP pour l'ensemble de l'équipe.

Points faibles et risques liés au contexte

Les ressources de l'équipe pendant le quinquennal sont majoritairement issues de projets européens et nationaux, et moins de contrats industriels directs. L'évolution du cadre de ces financements publics pourrait les fragiliser.

L'équipe peut être impactée fortement par le vieillissement des équipements du laboratoire.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de recherche de l'équipe Comet est dans le prolongement des activités menées pendant la période précédente.

Dans le premier axe de recherche sur la micromécanique expérimentale et théorique, la trajectoire envisagée concerne principalement : (i) le développement de méthodologies de caractérisation et de modélisation tridimensionnelles des déformations plastiques locales et des contraintes résiduelles aux petites échelles et (ii) leur impact sur le comportement effectif à l'aide de techniques de transition d'échelles.

Concernant le deuxième axe sur l'endommagement et la rupture des matériaux, la principale trajectoire concerne la problématique de tenue des matériaux en environnement sévère. Des simulations atomistiques appuieront les observations 3D aux échelles fines pour améliorer le cadre de compréhension de la fragilisation par les métaux liquides (FML) et prédire la possibilité de survenue de fissures fragilisantes en contact du métal liquide.

Enfin, pour le troisième axe qui concerne l'ingénierie des matériaux, la principale trajectoire concernera l'analyse des propriétés mécaniques des matériaux métalliques et des composites à matrice métallique, obtenus par fabrication additive ou renforcés par choc laser, sous sollicitation plastique monotone ou sous sollicitation cyclique de fatigue. L'objectif sera de faire le lien entre les microstructures complexes et fortement hétérogènes obtenues lors de ces procédés laser avec les mécanismes de déformation plastique sous sollicitations monotone ou cyclique.

En termes de ressource, huit projets financés sont encore actifs au 1^{er} janvier 2024. Cinq nouveaux projets (ANR ou autres), dans lesquels l'équipe est impliquée, sont en cours d'évaluation.

Dans la trajectoire, la forte interaction avec l'équipe Laser est préservée.

D'un point de vue général, l'équipe Comet jouit d'une forte cohérence thématique et montre de nombreuses interactions entre les axes, réalisant de fait un chaînage complet entre la microstructure et les propriétés, tout en abordant les procédés. Certaines contributions, mises au service de la communauté, sont pionnières dans le domaine. Cela est notamment mis en avant dans le portfolio à travers cinq publications représentatives (technique de diffraction des rayons X résolue en temps (de la microseconde à la dizaine de nanosecondes) sur la ligne de lumière DiffAbs du Synchrotron Soleil, perte de rigidité liée à l'endommagement des composites à matrice métallique, spécificité de fragilisation par métal liquide d'aciers austénitiques, l'utilisation des techniques laser pour architecturer les matériaux, corrosion et fragilisation du titane par l'hydrogène). Le taux de réussite à des projets compétitifs est excellent. Toutefois, les ressources provenant de collaborations industrielles pourraient être plus importantes étant donné la nature des travaux menés dans l'équipe afin de diversifier l'origine de financement.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe possède tous les ingrédients nécessaires pour mieux faire ressortir les grandes perspectives scientifiques à partir desquelles sont déclinés les différents projets. Cette visibilité d'ensemble est importante pour aider les jeunes chercheurs à se positionner et construire leur propre parcours.

Il est important de veiller à ce que tous les jeunes EC ou les C de l'équipe soient bien impliqués dans les projets de recherche.

Il serait intéressant d'équilibrer les sources de financement de l'équipe entre les projets compétitifs et les projets industriels pour gagner en adaptabilité en cas d'évolution du cadre des financements.

Équipe 2 : Procédés Laser (Laser)

Nom du responsable : M. Morgan Dal

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe étudie les procédés laser sur les métaux et les matériaux composites afin d'en comprendre les mécanismes, d'en améliorer la mise en œuvre, et de maîtriser les effets induits dans la matière en intégrant les outils liés à l'industrie 4.0 (jumeau numérique, algorithme de traitement de données d'imagerie rapide, simulations multiphysiques). Les quatre thèmes de l'équipe sont : Physique de l'interaction laser-matière en régimes continu (soudage, fabrication additive) et impulsif (perçage, choc laser) ; Optimisation des applications laser (paramètres laser, matériau de confinement) ; Effets des procédés laser sur la microstructure du matériau et les contraintes résiduelles (avec Comet) ; maîtrise de la combustion initiée par laser et sécurité associée (LabCom Air Liquide).

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Recommandation 1 : « L'équipe est très dynamique et sa production est de qualité. La montée en puissance des plus jeunes ne fera qu'augmenter cette production ».

Malgré une amélioration sensible de l'activité scientifique des jeunes de l'équipe en termes de publications, collaborations et co-encadrements de thèse (5), force est de constater que les jeunes MCF et IE ne sont impliqués que dans 10 à 15 % des publications de l'équipe, contre 40 % pour les deux DR. La pandémie de covid-19 a été un frein à l'activité et à la production scientifique de l'équipe.

Recommandation 2 : « Pour la vie de l'équipe, il sera souhaitable que les deux MCF passent leur HDR durant le prochain mandat ».

Les deux MCF de l'équipe ont passé leur HDR en 2019 et 2020.

Recommandation 3 : « Même si l'équipe ..., il semble que le nombre de personnels soit faible au regard de l'ambition de l'équipe. Une ou plusieurs embauches seraient nécessaires ».

L'équipe n'ayant pas bénéficié de recrutement pendant la période (uniquement 1 promotion DR et 1 IR), le nombre de personnel « chercheurs » reste assez faible, avec deux DR et deux MCF. Néanmoins, l'équipe et le laboratoire ont mis en place une politique de recrutement qui devrait porter ses fruits : présentation de candidats au concours CR CNRS, priorité pour un recrutement MCF sur la demande dialog 2024 du laboratoire, dépôt de projet de plateforme avec financement d'un ingénieur. Il est à noter l'arrivée d'une jeune MCF, partagée à 50-50 avec l'équipe Comet, en 2023.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	5
Sous-total personnels permanents en activité	9
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	1
Doctorants	7
Sous-total personnels non permanents en activité	9

Total personnels

18

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe Laser est dynamique et performante avec une forte identité scientifique autour des procédés laser, une expertise reconnue, et un excellent niveau de publication, une capacité à mettre en place et à pérenniser des collaborations industrielles, et une implication dans la mise en place de standards internationaux (standard ASTM sur les installations travaillant sous oxygène pur). On note 24 thèses soutenues ou en cours durant la période, ce qui est excellent dont quatre en partenariat avec l'équipe Comet.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe aborde les problématiques étudiées au travers d'un ensemble cohérent et complet d'approches expérimentales et théoriques (simulations multiphysiques prédictives, jumeaux numériques). Elle s'appuie sur un positionnement et des équipements associés différenciant sur le choc laser, sur le perçage avec impulsions longues.

Par ailleurs, les thématiques portées par l'équipe font écho aux problématiques industrielles et sociétales actuelles (mobilité électrique, aéronautique, développement durable), cela amène de nombreuses collaborations industrielles. On note ainsi un labcom avec AirLiquide, onze thèses Cifre et trois dépôts de brevets pendant la période. L'équipe est aussi fortement impliquée dans le Additive Hub Factory autour de la fabrication additive par laser.

En parallèle, l'équipe Laser affiche une excellente production scientifique avec 126 publications ACL, un taux de publication de cinq publications/an/ETP au cours de la période 2018-2022. La moitié des publications sont rédigées avec les doctorants. Cette excellence scientifique a permis à l'équipe d'être lauréate de cinq prix internationaux.

L'encadrement doctoral est excellent avec 24 doctorants dont dix-sept thèses soutenues au cours de la période pour quatre titulaires de l'HDR dont deux HDR soutenues durant la période ce qui démontre une politique de formation et d'avancement des jeunes enseignants-chercheurs et chercheurs de l'équipe. Les chercheurs publient systématiquement à bon niveau avec leurs doctorants. La majorité des thèses ont une durée moyenne de 38 mois.

L'équipe Laser présente un bon taux de succès sur les appels à projets nationaux et internationaux avec deux projets ANR, un projet FUI, et quatre projets européens financés durant la période.

Dans les faits, 64 % du temps des permanents de l'équipe est consacré à la recherche et à l'encadrement de la recherche, 24 % à la valorisation, au transfert et à l'innovation.

Les deux principales plateformes sur lesquelles travaille l'équipe, la plateforme « thermique » et la plateforme « choc laser », sont chacune organisées autour d'un espace central regroupant les divers postes de commandes entourés de cabines laser instrumentées (source laser, platines motorisées ou robot, caméras rapides entre autres). Ces plateformes sont bien agencées, ordonnées et parfaitement fonctionnelles et elles ont une excellente visibilité dans la communauté concernée avec un positionnement différenciant.

On note également une bonne synergie avec les autres équipes du laboratoire, notamment à travers une participation active autour des orientations scientifiques « fabrication additive par laser » et dynamique et interactions ondes/interfaces ». Ceci est mis en lumière par le fait que presque 60 % de la production scientifique sont issus de collaborations internes au Pimm.

Points faibles et risques liés au contexte

Le bilan de l'équipe montre que le nombre de chercheurs et d'EC (deux MCF et deux DR) de l'équipe est toujours faible au regard de l'ambition des thématiques développées malgré les efforts effectués durant la période actuelle. En effet, il est à noter le recrutement récent d'une CR partagée avec l'équipe Comet. Cette situation RH est parfaitement identifiée par l'équipe et la direction qui devront y apporter une amélioration pour que l'équipe puisse maintenir et développer ces nombreux axes scientifiques.

Une attention doit être accordée au vieillissement d'une partie du matériel de la plateforme « thermique » notamment le renouvellement de la source laser principale du fait du futur positionnement scientifique de l'équipe. Les actions entreprises (demandes de financement Carnot, Opco, etc.) doivent se poursuivre et être soutenues par le laboratoire.

Le rapport d'autoévaluation mentionne 126 publications pendant la période. Sur les 86 publications ACL mentionnées dans le document Excel « HAL_Production_DAE_Pimm », on note que la participation moyenne comme co-auteur est de 40 % pour les deux DR, 13,5 % pour les deux MCF, 13 % pour les trois IE, 13 % pour le PR émérite, 7 % pour un IR, puis 1 à 5 % pour les doctorants et post-doctorants. La production scientifique s'organise donc principalement autour des deux DR, ce qui constitue un risque en cas d'aléas. La montée en puissance des plus jeunes doit se poursuivre et être accompagnée.

Le rapport ne mentionne que quatre conférences en plénières pendant la période, ce qui est faible pour un groupe de cette dimension. De même, seuls 10 % du temps est consacré à l'administration et à l'animation de la recherche. On note une personne impliquée dans l'ANR et aucune implication dans l'animation de sociétés savantes ou la coordination de filière (outre les implications dans AFH, le GDR Alma et le GDR Chocodyn (ex-Chocolas)). Il s'agit ici d'un travail de fond que doit mener l'équipe vers la prochaine période de référence, et qui pourra apporter des bénéfices par la prise de responsabilités partagées au sein de l'équipe.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe Laser, dans la prochaine période, va recentrer ses activités sur l'étude de l'interaction laser-matière en régime thermique sur laquelle elle possède une expertise forte reconnue ; notamment en combinant une approche expérimentale utilisant des diagnostics in-situ tels que l'imagerie rapide ou la vélocimétrie Doppler, et une modélisation multi-physique prédictive prenant en compte les espèces chimiques en présence. La modélisation permettra de faciliter la compréhension des mécanismes et d'optimiser les procédés, en adoptant une stratégie de réduction des modèles dans une logique de frugalité numérique. Les procédés étudiés seront principalement les procédés de fabrication additive métallique (sur lit de poudre, par projection de poudre ou par dépôt de fil) des matériaux réfléchissants (cuivre, aluminium) et le procédé de choc laser pour le grenailage laser et le contrôle non destructif, dans la continuité de la période précédente. Outre l'optimisation des paramètres laser (longueur d'onde, énergie), les travaux se concentreront sur l'étude de l'influence du profil spatial d'intensité sur le procédé en utilisant une mise en forme statique ou dynamique du faisceau laser. Cette dernière sera rendue possible grâce à l'acquisition d'une source laser spécifique (Civan Laser) dont le financement n'est que partiellement acquis à ce jour. La jouvence d'une partie du parc expérimental constitue l'un des objectifs de l'équipe pour la prochaine période. De plus, les travaux sur le choc se focaliseront sur des chocs plus énergétiques, avec ou sans modulation d'intensité dans le temps. Par ailleurs, l'équipe Laser poursuivra ses travaux sur l'étude de la combustion des métaux sous oxygène, en particulier sur l'étude des mécanismes d'ouverture de brèche durant la combustion, le stockage ou le transport d'oxygène sous pression. Les problématiques de l'équipe Laser concernent des applications dans les secteurs de la mobilité électrique, de l'aéronautique et de la sécurité oxygène. Les interactions au sein du Pimm au travers des collaborations avec les autres équipes seront maintenues comme avec Comet (Effet mécanique-WLAM) ou Discoh (réduction de modèle/IA simulation) par exemple.

D'un point de vue général, l'équipe Laser est dynamique et performante avec une forte identité scientifique autour des procédés laser, une expertise reconnue, et un excellent niveau de publication, une capacité à mettre en place et à pérenniser des collaborations industrielles, et une implication dans la mise en place de standards internationaux (standard ASTM sur les installations travaillant sous oxygène pur). Le portfolio illustre cet aspect à travers trois publications (interaction laser/matière, nouvelles mesures expérimentales de la détente de la pression du plasma induite par choc laser, maîtrise de la combustion des métaux en atmosphère d'oxygène pure) et deux sites web décrivant la plateforme Additive Factory Hub (AFH) ainsi que la plateforme Hera qui est commune au laboratoire Pimm et au laboratoire Luli à l'école Polytechnique.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe Laser adosse ses activités à des problématiques appliquées soutenues par des partenaires industriels sur des thématiques porteuses s'inscrivant pleinement dans la création des deux nouveaux axes inter-équipe du laboratoire. La réussite du projet de l'équipe passera par la bonne mise en place des investissements matériels et humains dont le besoin est mis en lumière de manière tout à fait lucide et pertinente par l'équipe dans son bilan. Outre la jouvence des deux plateformes laser (thermique et choc laser), l'enjeu pour les années à venir est, en effet, le renouvellement du personnel et le maintien des compétences de l'équipe. Jusqu'ici l'activité de l'équipe Laser s'appuyait fortement sur l'expérience et le leadership de deux directeurs de recherche (DR1, CNRS) et d'un ingénieur de recherche (IR HC, CNRS). Le fait que le responsable d'équipe actuel soit un jeune MCF HDR et le recrutement récent d'une chargée de recherche (partagée avec l'équipe Comet) va dans le bon sens ; néanmoins il est impératif que le laboratoire avec l'appui des tutelles mette les moyens au plus vite pour renforcer l'équipe et l'accompagner dans sa croissance. On peut ainsi noter qu'au niveau des postes CNRS,

l'équipe pourra orienter les projets des candidatures CR vers les préoccupations scientifiques de la section 9 et également mener des discussions avec le CNRS Ingénierie sur les possibilités de fléchage d'une chaire de professeur junior (CPJ) à cette équipe.

Équipe 3 : Dynamique Structures Systèmes et Contrôle (Dysco)

Nom du responsable : M. Marc Rebillat

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les thématiques de recherche de l'équipe Dysco composée d'enseignants-chercheurs relevant des sections CNU 27, 60 et 61 et de chercheurs dans la section CoNRS 09 sont orientées d'un point de vue général sur la modélisation de structures et de procédés complexes en vue de leur surveillance et de leur optimisation en ligne : -réduction de modèles ; -grandes bases de données et données issues de sources variées ; -intelligence artificielle guidée par la physique : développement de jumeaux numériques hybrides pour des systèmes multiphysiques ou à faible nombre de données expérimentales ; -structures multifonctionnelles (conception et développement d'algorithmes robustes et adaptatifs) ; -procédés de fabrication intelligents : instrumentation et simulation de systèmes dynamiques non linéaires

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Recommandation 1 : « L'équipe Dysco montre une montée en puissance en termes de production scientifique. Sa politique d'ouverture à l'international par le développement d'échanges via des cotutelles et des publications communes est à poursuivre, ainsi que ses démarches pour améliorer sa visibilité dans le paysage national et international (participation et animation de réseaux, organisations de manifestations, etc.) ».

La production scientifique de l'équipe a été maintenue au cours du dernier quinquennal et ses collaborations internationales ont été poursuivies et renforcées. On note en particulier une nette augmentation des publications réalisées dans le cadre de collaborations internationales. On note également une très forte implication des membres de l'équipe au niveau national et international (présentations plénières, organisation de conférences et journées thématiques, responsabilités éditoriales, membres d'institutions, prix et distinctions).

Recommandation 2 : « Le développement des interactions de l'équipe avec les autres équipes du laboratoire, et l'évolution de ses thématiques propres devront sans doute la conduire à adapter son organisation interne en vue de faciliter les échanges entre tous ses membres (permanents et non-permanents) sur des projets dont les périmètres pourront être très différents. ».

Afin de faciliter les échanges entre tous ses membres (permanents et non-permanents), la vie d'équipe a été organisée à différents niveaux et autour de différents événements. Tous les premiers mardis du mois, les nouveaux arrivants y sont invités à se présenter et un exposé interne d'environ 30 minutes est proposé. Des réunions d'équipe entre permanents sont organisées environ une fois par trimestre et permettent la gestion des interactions avec le laboratoire et des tâches administratives communes. Concernant les personnels contractuels (doctorants et post-doctorants), l'équipe tend également à aller vers plus de parité, comme cela a été préconisé dans le précédent rapport.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5
Maitres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	5
Sous-total personnels permanents en activité	15
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	7
Doctorants	25
Sous-total personnels non permanents en activité	34

Total personnels	49
------------------	----

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe Dysco a fortement évolué durant la période. En effet, de nombreux recrutements ont été réalisés au sein de l'équipe avec l'arrivée de deux professeurs des universités, un professeur associé, deux chargés de recherches CNRS et un ingénieur d'études aujourd'hui promu. L'attractivité, la production scientifique et les activités de recherche se sont très fortement renforcées. Dans ce contexte, la dynamique et la performance de l'équipe sont remarquables. On soulignera notamment une très bonne interaction avec le monde socio-économique et plusieurs chaires et partenariats industriels durables.

Points forts et possibilités liées au contexte

Du fait des nouveaux arrivants permanents au cours de la période, l'équipe a fortement renforcé ses thématiques historiques sans pour autant se disperser. Le rayonnement international s'est fortement accru et est en tous points remarquable (69 présentations plénières de congrès, 9 organisations de conférences, 8 responsabilités éditoriales, 3 membres d'institutions nationales, 2 prix internationaux, participations à des jurys de thèses et HDR (49 et 22)), ainsi que les nombreuses collaborations scientifiques et industrielles (2 chaires industrielles (ESI, SKF), 6 projets ANR, 15 participations à des projets européens, 5 projets évalués (FUI, région), 7 contrats industriels). Elle s'appuie sur un positionnement clair et des équipements dédiés (plateforme dédiée à l'usinage robotisé, plateforme pour le suivi in-situ de l'infusion de composites, essais en sollicitations mixtes (fatigue et température), systèmes d'acquisition variés (vibrations, ondes, images, mesure de champs), contributions aux serveurs de calculs cassiopée). En outre, ces partenariats industriels s'accompagnent d'un excellent niveau de publication (188 publications, 5 publications/ETP permanent/an). L'encadrement doctoral est excellent avec 43 doctorants dont dix-huit thèses soutenues au cours de la période pour sept titulaires de l'HDR dont deux HDR soutenues durant la période, ce qui démontre également une politique de formation et d'avancement des jeunes enseignants-chercheurs et chercheurs de l'équipe. Les chercheurs publient systématiquement au meilleur niveau avec leurs doctorants.

Points faibles et risques liés au contexte

D'un point de vue général, l'équipe Dysco souffre du problème récurrent lié à la vétusté des locaux. Une rénovation majeure est vivement souhaitée par les membres de l'équipe. D'un point de vue scientifique, on pourrait s'interroger sur la grande diversité des journaux de publications de l'équipe (83), ainsi que la relative faiblesse des publications issues de collaborations inter-équipes (7 %). Cependant, cette faiblesse relative peut être mise en regard de la très forte activité de publication de l'équipe.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe Dysco a connu un fort ressourcement avec l'arrivée de plusieurs C ou EC ayant différentes expertises, et va changer de nom pour s'appeler : Discoh (Dynamique, Intelligence/Image, Structure/Systèmes, COntôle/COmmande et Hybridation) afin de mieux refléter ces nouveaux apports. Ces récents recrutements ouvrent l'horizon de l'équipe sur les problématiques de l'hybridation « données / connaissances physiques » et celles de l'intelligence artificielle. La trajectoire de recherche vers laquelle les membres de l'équipe se projettent de façon collective est la surveillance en ligne des structures et les procédés complexes grâce à des modèles basés sur les données et sur la physique avec une erreur et une complexité qui soient maîtrisées. L'équipe sera ainsi organisée autour de quatre axes : les deux premiers axes de cette trajectoire sont centrés sur la problématique de la modélisation et les deux derniers axes sur la surveillance en ligne des structures et des procédés. Les axes de l'équipe seront interdépendants et en lien avec des activités numériques et expérimentales ainsi qu'avec les différents axes inter-équipes. L'originalité de l'équipe est qu'elle est pluridisciplinaire et possède la capacité de traiter ces différents axes à la fois du point de vue numérique et du point de vue expérimental. Enfin, en cherchant à rendre les structures et les procédés complexes intelligents grâce à des modèles basés sur les données et sur la physique avec une erreur et une complexité qui soit maîtrisée, l'équipe s'inscrit dans une dynamique ayant à terme un potentiel impact écologique et environnemental. Les méthodologies qu'elle développe permettent en effet d'aller vers une approche plus frugale de la modélisation et d'optimiser les performances des structures et des procédés en termes de consommation d'énergie, de maintenance, ou d'utilisation de matières premières par l'utilisation de ces nouveaux modèles.

D'un point de vue général, l'équipe Dysco a fortement évolué durant la période. En effet, de nombreux recrutements ont été réalisés au sein de l'équipe avec l'arrivée de deux professeurs d'université, un professeur associé, deux chargés de recherche CNRS et un ingénieur d'études aujourd'hui promu. L'attractivité, la production scientifique et les activités de recherche se sont très fortement renforcées. Dans ce contexte, la dynamique et la performance de l'équipe sont remarquables. Dans le portfolio, cela est mis en avant par une première publication (gains de deux ordres de grandeur dans les stratégies d'intégration temporelle pour l'analyse de plans d'expériences de vibrations non-linéaires en calcul et essai), le site web du programme international Descartes (Decision-making in Critical Urban Systems), le site web du projet H2020 Morpho (structures multifonctionnelles et cycle de vie), lien web du logiciel open source nesy2m (simulation dynamique des systèmes non-linéaires complexes). On soulignera notamment une très bonne interaction avec le monde socio-économique et plusieurs chaires et partenariats industriels durables.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe Dysco a renforcé ses thématiques porteuses et s'inscrit également pleinement dans la création des deux nouveaux axes inter-équipe du laboratoire. La réussite du projet de l'équipe passera par la pérennisation des actions de recherches en cours, et notamment à vocation transversale et inter-équipe. Dans ce contexte, l'équipe est encouragée à maintenir ses efforts pour renforcer les synergies avec les autres équipes.

Équipe 4 : Polymères & Composites (P&C)

Nom des responsables : M. Guillaume Miquelard-Garnier / M. Emmanuel Richaud

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'objectif principal des travaux de l'équipe est de prédire les propriétés des matériaux polymères et l'influence du procédé de mise en œuvre et/ou de la dégradation pendant leur utilisation. Quatre axes de recherche ont été développés : la modélisation multi-physique des procédés et des écoulements, la dégradation et l'endommagement des polymères et composites, le rôle des interphases et interfaces dans les systèmes multiphasés et les matériaux fonctionnels / Intelligents (Thermo responsifs, Electro-actifs /Piézo) et leurs structurations.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Recommandation 1 : « Le comité suggère de tenter des publications dans des supports à plus forts impacts quand cela est possible tout en étant bien conscient que les domaines abordés ne s'y prêtent pas toujours. ».

L'équipe a essayé de répondre à la recommandation en publiant dans des journaux à plus forte reconnaissance tels que *Macromolecules* (7 articles), *Polymer* (33 articles), *Composites Part B* (7) ou *Polymer Degradation and Stability* (42).

Recommandation 2 : « Le comité suggère de mettre en place quelques réunions de présentation des recherches des doctorants de l'équipe. ».

20 % des réunions d'équipe ont été consacrées à la présentation de doctorants et post-doctorants. L'accent est mis sur la présentation des sujets en début de thèse. C'est un premier pas qui contribue à une meilleure connaissance des activités par les membres de l'équipe. Certains doctorants ont également été amenés à présenter leurs travaux devant le laboratoire, au cours du séminaire externe par exemple.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	7
Maitres de conférences et assimilés	5
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	6
Sous-total personnels permanents en activité	20
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	3
Personnels d'appui non permanents	2
Post-doctorants	2
Doctorants	25
Sous-total personnels non permanents en activité	32
Total personnels	52

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe P&C est reconnue nationalement et internationalement pour ses travaux pluridisciplinaires dans le domaine des procédés de mise en œuvre et de la dégradation/vieillessement des matériaux polymères lors de leur utilisation. Elle s'appuie sur un parc d'équipements qui lui permet de développer une réelle approche multi-échelle, notamment avec la mise en place de la plateforme « caractérisation des matériaux » qui regroupe l'ensemble des équipements de l'unité pour les analyses microscopiques, RX, essais mécaniques et caractérisation physico-chimique.

La production scientifique de l'équipe est dense. Elle est très active pour obtenir des projets compétitifs et mène de nombreuses collaborations industrielles. Elle forme un grand nombre de doctorants, notamment en convention Cifre. P&C propose un projet cohérent, qui conforte ses thèmes de spécialité et intègre des enjeux actuels comme l'optimisation de matériaux architecturés ou la fonctionnalisation.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe P&C mène des travaux très reconnus dans le domaine des procédés de mise en œuvre des matériaux polymères et de leur dégradation/vieillessement en conditions d'usages. Ils mettent en perspective une caractérisation large des mécanismes, aux échelles moléculaires et microstructurales, et les propriétés mécaniques macroscopiques. L'approche est pluridisciplinaire, à l'image de la composition de l'équipe qui associe des chercheurs de 33^e et 60^e sections du CNU. L'équipe explore des thématiques en prise directe avec les enjeux sociétaux actuels tels que la durabilité, la recyclabilité et la fonctionnalisation des matériaux organiques.

Ces activités sont très étroitement adossées au large spectre de techniques de caractérisation physico-chimiques et mécaniques disponibles sur la plateforme « Caractérisation des matériaux », pilotée par un IR de l'équipe. Pour des raisons de mise en conformité, l'équipe a subi une immobilisation significative de certains équipements de chimie au cours de la période. Elle a su s'organiser et se mobiliser pour limiter l'impact sur l'activité.

L'équipe prend une part significative dans la production scientifique de l'unité. Elle a co-signé 305 des 616 ACL produits par l'unité, ce qui représente en moyenne 5,6 ACL/an/ETP. S'ajoutent cinq chapitres d'ouvrages et trois brevets. Les IR de l'équipe sont très fortement associés à la publication d'ACL, de même que les doctorants (45 % des ACL).

L'équipe a participé à six projets ANR, dont quatre en cours, deux projets européens et à deux projets de recherche et développement structurants (PSPC) de BPI France. Elle est fortement impliquée dans les relations industrielles avec 26 financements Cifre et une forte participation au dispositif Carnot. 70 % de ses ressources sont issues d'activités de valorisation, transfert et collaborations industrielles. La synergie avec la chaire Arkema est tangible, dans les publications et dans les perspectives de recherche, s'agissant notamment des matériaux fonctionnels.

Les membres de l'équipe sont très actifs dans la formation de doctorants. 77 thèses sont recensées durant la période, avec des sources de financement très équilibrées (plus de 30 % d'entre elles sont en convention Cifre, 27 % bénéficient de contrats doctoraux ou d'agences publiques et 17 % proviennent de financements étrangers). 48 d'entre elles ont été soutenues, avec un rythme régulier. La proportion de doctorantes est élevée (plus de 60 %). Dix-sept post-doctorats ont également été menés à bien pendant la période.

Le rayonnement national et international de P&C est très bon. Les membres de l'équipe ont été invités à donner des conférences (invitées, keynotes, plenary lectures) dans des congrès importants. Ils ont reçu plusieurs prix. Environ un quart des articles a été co-signés avec des universités étrangères.

Un nombre significatif de membres de l'équipe sont impliqués dans l'organisation de manifestations et le pilotage de structures d'animation nationales (sociétés savantes, pôles de compétitivité, Critt, institut Carnot).

Points faibles et risques liés au contexte

Un quart des chercheurs et enseignants-chercheurs permanents doit partir à la retraite d'ici trois ans. Cette proportion n'est pas sans incidence sur le potentiel scientifique de l'équipe et sa pluridisciplinarité. La proportion de mécaniciens notamment, est appelée à décroître progressivement.

L'équipe est moins présente sur les AAP européens. Elle a participé à deux programmes H2020, mais aucun n'est en cours. De façon plus générale, les collaborations internationales, effectives et traduites notamment par la co-publication sont, pour une large part, informelles.

Le volume de publications est très important mais le nombre d'articles dans les revues les plus visibles est perfectible.

P&C collabore encore modestement avec les autres équipes (moins de 10 % de thèses en co-encadrement, avec Comet et Laser ; 10 % environ des co-publications). Ceci s'explique en grande partie par les thématiques. Les orientations de l'unité pour le prochain quinquennal devraient néanmoins ouvrir quelques perspectives.

Le contexte de vétusté des locaux et de réorganisation d'ampleur auquel l'unité va être confrontée encore pendant plusieurs années présente un risque pour l'activité de P&C, déjà fortement impactée par l'arrêt de certains équipements de chimie ces dernières années. Le risque direct est limité, car les équipements de chimie devraient être remis en service au cours de l'année 2024, mais des effets induits peuvent toujours apparaître s'agissant de chantiers de cette ampleur.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

D'un point de vue général, l'équipe P&C est reconnue nationalement et internationalement pour ses travaux pluridisciplinaires dans le domaine des procédés de mise en œuvre et de la dégradation/vieillessement des matériaux polymères lors de leur utilisation. Elle est très active pour obtenir des projets compétitifs et mène de collaborations industrielles. P&C propose un projet cohérent, qui conforte ses thèmes de spécialité et intègre des enjeux actuels comme l'optimisation de matériaux architecturés ou la fonctionnalisation. Le portfolio illustre les avancées majeures de l'équipe à travers six publications (modélisation multi-physique des procédés et des écoulements, dégradation et endommagement des polymères et composites, rôle des interphases et interfaces et leur caractérisation dans les systèmes multiphasés) et une présentation synthétique de l'ANR Feta (caractérisation de la morphologie qui contrôle les propriétés électroactives des terpolymères fluorés).

Les perspectives de l'équipe concernent le développement de nouveaux matériaux pour différentes applications en intégrant la durabilité et la fin de vie de ces matériaux. Elles sont redéfinies autour de trois axes de recherche : la mise en œuvre des matériaux polymères et composites, la durabilité de ces matériaux et le développement de matériaux fonctionnels. Le troisième axe est émergent, mais il permettra des actions de recherche inter-équipes au sein de l'unité.

D'un point de vue scientifique, il s'agira de comprendre le rôle des interfaces dans les systèmes multiphasés, d'intégrer les mécanismes de couplage chimie-physique-mécanique pour mieux prédire les effets du procédé, de maîtriser les différentes échelles, et enfin d'intégrer les matériaux recyclés dans la problématique de l'équipe.

Ce projet, en droite ligne des domaines d'excellence de l'équipe, intègre largement les enjeux sociétaux des classes de matériaux étudiées. Il est cohérent avec le projet global de l'unité et son positionnement très transverse : l'accent mis sur les problématiques d'interface et de matériaux architecturés est de nature à densifier les collaborations avec les autres équipes.

Pour mener à bien ce projet, l'équipe dispose de techniques complémentaires, performantes, qu'elle sait faire évoluer. Elle pourra s'appuyer sur un certain nombre d'équipements récents ou en cours d'acquisition (diffraction / diffusion des rayons X, microscopie en champ proche, essais mécaniques rapides sur structures). Les personnels d'appui sont très investis et leurs compétences sont très actualisées.

La projection des effectifs à moyen terme, sur le prochain quinquennal et les années qui suivent, est un élément de forte incidence sur l'activité de l'équipe, avec une nécessité probable de priorisations, ou à minima de pondérations réfléchies des différents sujets.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le positionnement de l'équipe est très bon, comme l'attestent sa réussite aux projets compétitifs et ses relations industrielles. Cependant, le fait de vouloir inscrire les axes de recherche de sa trajectoire dans les objectifs du programme Horizon Europe devrait l'inciter à être plus active au niveau européen.

Plus généralement, l'équipe est encouragée à conforter et à diversifier ses collaborations internationales. Par ailleurs, certaines collaborations sont établies de longue date et pourraient peut-être donner lieu à des projets structurants de plus large envergure.

Le volume de publications est excellent mais l'équipe doit continuer à augmenter son niveau de publications dans des journaux à fort impact et à resserrer le nombre de journaux dans lesquels elle publie (116 journaux différents pour 305 publications lors du dernier contrat).

Dans la perspective des départs en retraite à venir, l'équipe doit poursuivre sa réflexion sur la pérennité de sa stratégie scientifique et sur les ressources associées (interne, en collaboration dans l'unité, en collaboration externe) pour en conserver le caractère pluridisciplinaire. Le projet de l'équipe peut tirer bénéfice de modélisations plus directes et explicites de l'incidence des couplages ou des effets d'architecture sur les relations microstructure - propriétés mécaniques, ne serait-ce que pour affiner la compréhension des mécanismes. Sur ces aspects, l'équipe est encouragée à explorer les compléments possibles avec les équipes Discoh et Comet.

Un effort serait également à faire sur la parité. Sans faire prévaloir ce critère sur la qualité des candidatures, les recrutements à venir peuvent en fournir l'opportunité.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 17 janvier 2024 à 8h00

Fin : 18 janvier 2024 à 18h30

Entretiens réalisés en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

17 janvier 2024

08h00-08h20	Accueil
08h20-09h00	Réunion du comité à huis clos
09h10-09h15	Introduction du comité de visite
09h15-10h05	Bilan scientifique UMR Pimm et présentation générale des plateformes de recherche
10h05-10h30	Pause-café
10h30-11h15	Équipe P&C (bilan 15 min + 10 min échanges et projet 10 min + 10 min échanges)
11h15-12h00	Équipe Dysco
12h00-13h20	Déjeuner Buffet avec l'ensemble des membres de l'UR
13h20-14h30	Visite / spots Dysco (25 min) Intelligence artificielle au service de la physique ; Mesures de champs en dynamique des structures ; Usinage robotisé P&C (45 min) Impression 3D MIM ; Films multianocouches et interfaces ; Hydrogène et roto moulage ; Consolidation des préimprégnés et composites
14h30-15h15	Équipe Laser (bilan 15 min + 10 min échanges et projet 10 min + 10 min échanges)
15h15-16h00	Équipe Comet (bilan 15 min + 10 min échanges et projet 10 min + 10 min échanges)
16h20-17h30	Visite / spots Comet (30 min) Présentation RX Robot ; Fatigue gigacyclique Laser (40 min) Fabrication additive poudre ; Combustion ; Wlam
17h30-18h30	Réunion comité à huis clos

18 janvier 2024

09h45-10h10	Accueil café
10h15-11h00	Trajectoire du laboratoire
11h00-11h30	Entretien avec le personnel enseignant-chercheur
11h30-12h00	Entretien avec le personnel d'appui à la recherche
12h00-12h30	Entretien avec les doctorants et post-doctorants
12h30-13h15	Entretien avec les représentants des tutelles Ensam, Cnam & CNRS
13h15-14h30	Déjeuner / discussions – direction + tutelles : Pimm et F2M
14h30-15h30	Visite / spots Plateformes de recherche : Vieillissement des polymères ; Composites et TGV ; Corrélation d'images et matériaux architecturés ; Endommagement des métaux ; plateforme Hephaistos (Choc Laser)
15h30-16h15	Entretien avec le porteur de projet et l'équipe de direction
16h15-16h40	Pause-café
16h45-18h30	Réunion comité à huis clos
18h30	Fin de la visite Hcéres - départ des membres du comité de visite

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Ivan Iordanoff

Directeur Général Adjoint à la recherche et à l'innovation
Arts et Métiers Sciences et Technologies

Stéphane Lefebvre

Adjoint de l'administratrice générale en charge de la recherche
Conservatoire national des arts et métiers

A

HCERES

Département d'évaluation de la recherche

Paris, le 13 Mai 2024

Objet : Observations de portée générale sur le rapport d'évaluation du laboratoire DER-PUR250024463 - PIMM - Procédés et ingénierie en mécanique et matériaux

Madame, Monsieur,

Nous souhaitons remercier l'ensemble des membres du comité d'experts ainsi que M Lebon pour leur implication dans l'important travail d'évaluation du laboratoire PIMM qu'ils ont effectué.

Le rapport proposé confirme et complète très bien la vision de l'ENSAM et du CNAM sur le bilan et les évolutions positives en cours du laboratoire PIMM. Ce rapport confirme la très bonne dynamique du laboratoire qui est d'autre part parfaitement en adéquation avec les stratégies scientifiques des tutelles.

Nous prenons en compte les recommandations pertinentes formulées dans ce rapport notamment concernant la communication, la personne nommée chargée de communication au sein du laboratoire bénéficiera sur la prochaine période du support des directions de la communication des tutelles et notamment de la chargée de communication scientifique d'Arts et Métiers. La direction du campus Arts et Métiers de Paris poursuivra, conjointement avec le laboratoire, ses efforts pour la recherche de financements dédiés à la rénovation des locaux. Pour la pérennisation des compétences en métallurgie et caractérisation des matériaux mais aussi sur l'activité lasers, deux demandes de création d'assistant ingénieur et de MCF suite au départ d'un Maître de Conférence recruté pendant la période ont été formulées sans pouvoir être à ce jour prioritaires par la tutelle Cnam. Enfin, les tutelles tiennent à souligner l'effort remarquable du laboratoire pour répondre à la recommandation du précédent rapport concernant le service administratif et financier (SAF) et sa forte implication dans la mise en place de procédures nécessaires à la gestion et le suivi administratif et financier en appui à la recherche. Le SAF n'est pas cité dans le rapport (notamment en page 6 - appui à la recherche).

Ivan Iordanoff



Stéphane Lefebvre



Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles
Évaluation des unités de recherche
Évaluation des formations
Évaluation des organismes nationaux de recherche
Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein
75013 Paris, France
T.33 (0)1 55 55 60 10

hceres.fr

 [@Hceres_](https://twitter.com/Hceres_)

 [Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)